

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-336930

(43)Date of publication of application : 07.12.2001

(51)Int.Cl. G01C 3/06
G01B 11/00

(21)Application number : 2000-157310 (71)Applicant : MAEDA SCIENCE:KK
(22)Date of filing : 26.05.2000 (72)Inventor : BAN NOBUO

(54) METHOD FOR DETECTING THREE-DIMENSIONAL POSITION OF TARGET POINT**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method capable of accurately measuring the three-dimensional positions of many target points by a simple method.

SOLUTION: The method for detecting the three-dimensional position of the target point is characterized by that a digital camera fitted with a device capable of obtaining information on an attitude direction is freely rotated so as to photograph the target point from two arbitrary points and measures the three-dimensional position of the target point.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-336930
(P2001-336930A)

(43) 公開日 平成13年12月7日 (2001.12.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 1 C 3/06		G 0 1 C 3/06	V 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H 2 F 1 1 2

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-157310(P2000-157310)

(22) 出願日 平成12年5月26日 (2000.5.26)

(71) 出願人 599025444

有限会社 前田サイエンス
栃木県塩谷郡氏家町卯の里2丁目19番地
前田製管株式会社栃木工場内

(72) 発明者 伴 信雄

栃木県塩谷郡氏家町卯の里2丁目19番地
前田製管株式会社栃木工場内有限会社前田
サイエンス内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 目標点の三次元位置検出方法

(57) 【要約】

【課題】 多数の目標点の三次元位置を簡単な方法で精度よく計測することができる方法の提供。

【解決手段】 姿勢方向情報が得られる装置が取り付けられたデジタルカメラを自由に回転させ、任意の二点から目標点を撮影し、該目標点の三次元位置を計測することを特徴とする目標点の三次元位置検出方法。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 姿勢方向情報が得られる装置が取り付けられたデジタルカメラを自由に回転させ、任意の二点から目標点を撮影し、該目標点の三次元位置を計測することを特徴とする目標点の三次元位置検出方法。

【請求項 2】 任意の二点のうちの一点に、姿勢方向情報が得られる装置が取り付けられたデジタルカメラを設置し、他の一点が y 軸上に位置するように右手基準座標系を設定し、姿勢方向情報が得られる装置を用いて該一点及び該他の一点のデジタルカメラの方位データを取得し、次いでデジタルカメラで該一点及び該他の一点における目標点を撮影し、該他の一点が y 軸上に位置するように右手基準座標系を設定して得られた方位データ、該一点及び該他の一点における目標点の画像データ及びデジタルカメラで該目標点を撮影したときのデジタルカメラの方位データから、該一点と目標点を通る直線及び該他の一点と目標点を通る直線を求め、該 2 つの直線の交点から目標点の座標を求めることを特徴とする請求項 1 記載の目標点の三次元位置検出方法。

【請求項 3】 姿勢方向情報が得られる装置が、3 軸ジャイロセンサー又はロータリーエンコーダーである請求項 1 又は 2 記載の目標点の三次元位置検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、目標点の三次元位置検出方法、さらに詳しくは、姿勢方向情報が得られる装置を取り付けたデジタルカメラを用いて、多数の目標点を簡単に計測することができる目標点の三次元位置検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】土木建築物の位置や寸法の計測、例えば基礎杭や構造物の位置計測、橋梁の出来形計測等は、従来計測点を一点一点メジャーで実測したり、レーザー距離計を用いたトータルステーション等による非接触計測等により行っていた。

【0003】しかしながら、一般に土木建築物の計測点数は膨大な数に上る。例えば 260m² 程度の敷地に対する基礎杭は 100 本程度あり、建築にあたっては、かかるすべての基礎杭の図面位置に対する偏心量を測定せねばならない。従来の計測方法では、これらの基礎杭位置の測定方法には長時間を要していた。

【0004】これを解決するため、例えば 2 台のカメラを所定の間隔で設置し、ステレオ視により、同時に多数の点の三次元位置を測定する方法が知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、かかる方法では、2 台のカメラが固定されているため、目標の計測点群にカメラを自由に向けることができない。このため、固定されたカメラの一視野に入り得る何点かを同時に計測できるに留まり、数十点を同時に計測することは

困難であった。

【0006】したがって、本発明は、多数の計測点を簡単な方法で精度よく計測できる方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意研究した結果、姿勢方向情報が得られる装置をデジタルカメラに取り付け、これを自由に回転させて任意の二点から目標点を撮影すれば、簡単に精度よく多数点を測定することができることを見出し、本発明を完成した。

【0008】すなわち、本発明は、姿勢方向情報が得られる装置が取り付けられたデジタルカメラを自由に回転させ、任意の二点から目標点を撮影し、該目標点の三次元位置を計測することを特徴とする目標点の三次元位置検出方法を提供するものである。本発明はまた、かかる目標点の三次元位置検出方法において、任意の二点のうちの一点に、姿勢方向情報が得られる装置が取り付けられたデジタルカメラを設置し、他の一点が y 軸上に位置するように右手基準座標系を設定し、姿勢方向情報が得られる装置を用いて該一点及び該他の一点のデジタルカメラの方位データを取得し、次いでデジタルカメラで該一点及び該他の一点における目標点を撮影し、該他の一点が y 軸上に位置するように右手基準座標系を設定して得られた方位データ、該一点及び該他の一点における目標点の画像データ及びデジタルカメラで該目標点を撮影したときのデジタルカメラの方位データから、該一点と目標点を通る直線及び該他の一点と目標点を通る直線を求め、該 2 つの直線の交点から目標点の座標を求める三次元位置検出方法を提供するものである。本発明はまた、かかる目標点の三次元位置検出方法において、姿勢方向情報が得られる装置が、3 軸ジャイロセンサー又はロータリーエンコーダーである目標点の三次元位置検出方法を提供するものである。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、デジタルカメラによる画像と、姿勢方向情報が得られる装置（以下、「姿勢情報装置」という）から得られるデジタルカメラの姿勢方向情報とから、目標点の三次元位置を検出する方法である。本発明に用いるデジタルカメラに特に制限はなく、目標点の距離や目標物の大きさ等によって適宜選択することができる。

【0010】姿勢情報装置としては、デジタルカメラに取り付け可能なものであれば特に制限はないが、3 軸ジャイロセンサー、ロータリーエンコーダー等が好ましく、3 軸ジャイロセンサーが特に好ましい。

【0011】本発明の目標点の三次元位置検出方法を説明する。まず姿勢情報装置を取り付けたデジタルカメラを、任意の一点（R）に固定し、他の任意の一点（L）が画像の中心位置になるように、デジタルカメラを調整

する(図1参照)。なお、座標系は、Rを原点とする右手座標系とし、直線RLの方向を基準座標のy軸と一致させる。この位置で、デジタルカメラの方位データを姿勢情報装置から取得する。このときの方位データのx軸周りの回転角(ピッチ角 ψ)をP0、y軸まわりの回転角(ロール角 θ)をR0、z軸まわりの回転角(ヨウ角 ϕ)をY0とする。

【0012】次に図2に示すように、デジタルカメラを目標点に向けて、目標点を撮影する。同時に姿勢情報装置から方位データを取得し、Rにおけるピッチ角 ψ をP1、ロール角 θ をR2、ヨウ角 ϕ をY1とする。また、図3に示すように、Rにおける目標点の画像データから、画像平面上の目標点位置($Xs1$, $Zs1$)をピクセル単位で計測する。次いで、図4に示すように、上記で得られたピクセル単位の画像平面上の目標点位置を、ccdセル平面上に変換し、R上のデジタルカメラのx'、y'、z'空間座標系(目標点がデジタルカメラの画面上に入るようにデジタルカメラの位置を調整したときの、デジタルカメラの焦点を原点とした右手座標系)に対する目標点までのピッチ角及びヨウ角を算出する。

【0013】ccdセル平面上の目標点位置座標は、 $xc1 = xs1 \times Wc / Ws$ (Wc は感光面(スクリーン)の水平方向のサイズ(m)の1/2を示し、 Ws はスクリーンの水平方向の解像度(m)を示す。)、 $zc1 = zs1 \times Hc / Hs$ (Hc は感光面(スクリーン)の垂直方向のサイズ(m)の1/2を示し、 Hs は垂直方向の解像度(m)を示す。)で表される。この座標をy'軸のまわりに($R1 - R0$)回転し、y軸からみた目標点位置を求める。y軸でのccdセル平面上の目標点までのピッチ角 $Pc1$ 、ヨウ角 $Yc1$ は、 $Pc1 = \tan^{-1} \{ [xc1 \sin(R0 - R1) + zc1 \cos(R0 - R1)] / f \}$ 、 $Yc1 = -\tan^{-1} \{ [xc1 \cos(R0 - R1) - zc1 \sin(R0 - R1)] / f \}$ で表される。ただし、fはデジタルカメラの焦点距離を表す。

【0014】次に、デジタルカメラをLに移動させ、上記と同様の操作を行う。すなわち、図5に示すように、*

$$G01 = \begin{bmatrix} \cos Yc1 & -\sin Yc1 & 0 & 0 \\ \sin Yc1 & \cos Yc1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos Pc1 & -\sin Pc1 & 0 \\ 0 & \sin Pc1 & \cos Pc1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0019】次に、カメラの回転によるカメラの焦点位置とQの変換座標を求める。デジタルカメラがRにある場合、ピッチ角の変換は、数2式で行うことができる。

【0020】

【数2】

$$G1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ 0 & \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

* デジタルカメラをLに移動させ、目標点を撮影する。同時に姿勢情報装置でデジタルカメラの方位データを取得する。Lにおける方位データのピッチ角 ψ 、ロール角 θ 、ヨウ角 ϕ をそれぞれP2、R2、Y2とする。また、図6に示すように、Lにおける画像データから画像平面上の目標点位置($Xs2$, $Zs2$)をピクセル単位で計測する。次いで、図4の場合と同様に、上記で得られたピクセル単位の画像平面上の目標点位置を、ccdセル平面上に変換し、L上のデジタルカメラのx'、y'、z'空間座標系に対する目標点までのピッチ角 $Pc2$ 及びヨウ角 $Yc2$ を算出する。

【0015】ccdセル平面上の目標点位置座標は、 $xc2 = xs2 \times Wc / Ws$ 、 $zc2 = zs2 \times Hc / Hs$ で表される。この座標をy'軸のまわりに($R2 - R0$)回転し、y軸からみた目標点位置を求める。y軸でのccdセル平面上の目標点までのピッチ角 $Pc2$ 、ヨウ角 $Yc2$ は、 $Pc2 = \tan^{-1} \{ [xc2 \sin(R0 - R2) + zc2 \cos(R0 - R2)] / f \}$ 、 $Yc2 = -\tan^{-1} \{ [xc2 \cos(R0 - R2) - zc2 \sin(R0 - R2)] / f \}$ で表される。ただし、fはデジタルカメラの焦点距離を表す。

【0016】上記のデータから、目標点の座標を算出する(図7参照)。まず、Rにおけるデジタルカメラの方位データと画像平面内の目標点位置データとから、y軸を座標変換し、直線Aを求める。次いで、Lにおけるデジタルカメラの方位データと画像平面内の目標点位置データとから、y軸を座標変換し、直線Bを求める。直線Aと直線Bの交点の座標が目標点の座標である。以下、具体的に説明する。

【0017】y軸上の任意の点Q(0, q, 0)(ただし $q \neq 0$)を座標変換してR及びLを通る直線A及びBを求める。カメラスクリーン上の目標点のピクセル位置から求めたピッチ角 $Pc1$ 、 $Pc2$ 、及びヨウ角 $Yc1$ 、 $Yc2$ から座標変換して、RとQの変換座標を求める。一般に点(x, y, z)として変換すると、座標変換は、数1式で表される。

【0018】

【数1】

5

【0021】かかるピッチ角の変換をG1とする。ロール角の変換は、数3式で行うことができる。

【0022】

【数3】

$$G2 = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0023】かかるロール角の変換をG2とする。ヨウ角の変換は、数4式で行うことができる。

【0024】

【数4】

$$G3 = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0025】かかるヨウ角の変換をG3とする。R位置*

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & D \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0030】となる。ここでQの座標変換後の座標を(a2, b2, c2)とすると、直線BはL(0, D, 0)とQを通る直線であるから、直線Bを媒介変数tで表すと、x=a2t, y=(b2-D)t, z=c2tとなる。目標点の座標は、直線Aと直線Bの交点であるから、上記から、a1s=a2t, b1s=(b2-D)t+D, c1s=c2tとなる。これらの式からx, y, zを求めると、目標点の座標は、(a1a2D/(a2b1-a1b2+a1D1), a2b1D/(a2b1-a1b2+a1D1), a2c1D/(a2b1-a1b2+a1D1))となる。

【0031】これら一連の操作は、電算機等を用いて行うことができる。なお、上記一連の操作は、デジタルカメラの焦点を中心にして回転するものとして説明したが、デジタルカメラをスタンド(雲台)にとりつけて回転させる場合には、3つの座標変換を別々に行う操作をすればよい。

【0032】

【実施例】次に実施例を示して本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0033】実施例1

図1において、D=0.977mのスライダ上の上の両端

6

*でのピッチ角ψ、ロール角θ、ヨウ角φは、ψ=P1-P0, θ=R1-R0, φ=Y1-Y0となる。したがって、RにおけるQの位置は、

【0026】

【数5】

$$Q = G3 G2 G1 G01 \begin{bmatrix} 0 \\ \delta \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

10

【0027】となる。ここでQの座標変換後の座標を(a1, b1, c1)とすると、直線AはR(0, 0, 0)とQを通る直線であるから、直線Aを媒介変数sで表すと、x=a1s, y=b1s, z=c1sとなる。

【0028】同様にして直線Bを求める。L位置でのピッチ角ψ、ロール角θ、ヨウ角φは、ψ=P2-P0, θ=R2-R0, φ=Y2-Y0となる。したがって、LにおけるQの位置は、

20 【0029】

【数6】

$$(G3 G2 G1 G01 \begin{bmatrix} 0 \\ \delta \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix})$$

にR位置とL位置がある装置を使用した。デジタルカメラは、エレクトリム社製ccdカメラEDC-2000Eを使用した。焦点距離fは0.016mである。ccdセル平面の高さHcは0.00367m、幅Wcは0.00484mである。ccdセル高さ画素数Hsは494個、幅画素数は652個である。また、3軸ジャイロセンサーは、データ・テック社製GU-3011を使用した。

【0034】Rを原点とするxyz空間座標系において、座標が既知である目標点を用意する。R位置及びL位置からの、該目標点の画像とカメラの方位情報をパーソナルコンピュータに入力する。具体的には、P0=2.3291016(deg)、R0=0.3295898(deg)、Y0=0(deg)、P1=1.4720(deg)、R1=1.0327(deg)、Y1=78.788(deg)、P2=1.4501953(deg)、R2=0.9228516(deg)、Y2=85.3417969(deg)、Xs1=-201、Zs1=72、Xs2=-207、Zs2=76であった。これらの数値から、上記各式を用いて、Pc1=1.915(deg)、Yc1=5.328(deg)が得られる。同様に、Pc2=2.021(deg)、Yc2=5.486(deg)が得られる。こ

40

でQ座標を(0, 1, 0)とすると、座標変換後のR位置での原点RとQの位置は、R(0, 0, 0)、Q

(0.957, 0.283, 0.060)で表される。同様に、座標変換後のL位置での原点LとQの位置は、L(0, 0.977, 0)、Q(0.983, 1.152, 0.061)で表される。

【0035】R位置での原点RとQ(0.957, 0.283, 0.060)を通る直線Aと、L位置での原点LとQ(0.983, 1.152, 0.061)を通る直線Bの交点の座標は、上記式から、(8.287, 2.452, 0.517)である。この結果は、巻き尺を用いた位置計測結果(8.300, 2.450, 0.500)とほぼ一致した。

【0036】

【発明の効果】本発明の方法によれば、多数の目標点の三次元位置を簡単な方法で精度よく計測することができ*

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 三次元位置計測装置の三次元座標の説明図である。

【図2】 R位置で目標点を撮影するときの三次元座標の説明図である。

【図3】 R位置でのデジタルカメラの画像平面上の目標点位置を示すものである。

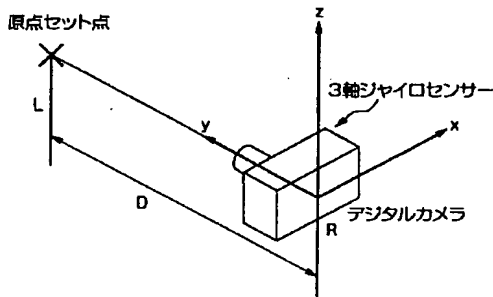
【図4】 デジタルカメラのccdセル平面と焦点との関係を示すものである。

【図5】 L位置で目標点を撮影するときの三次元座標の説明図である。

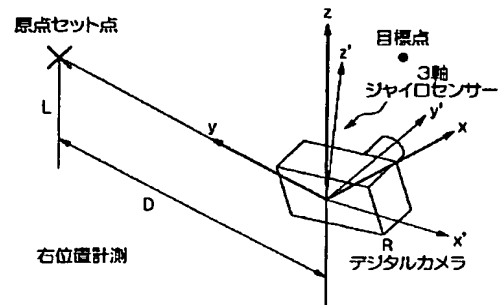
【図6】 デジタルカメラのccdセル平面と焦点との関係を示すものである。

【図7】 目標点の座標を算出するための説明図である。

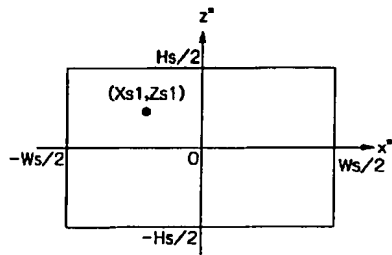
【図1】



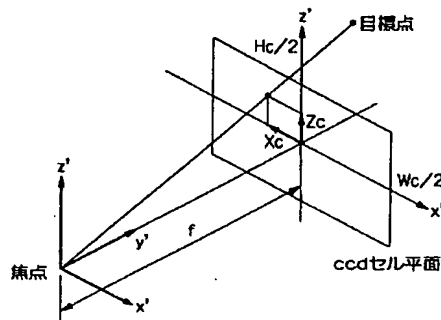
【図2】



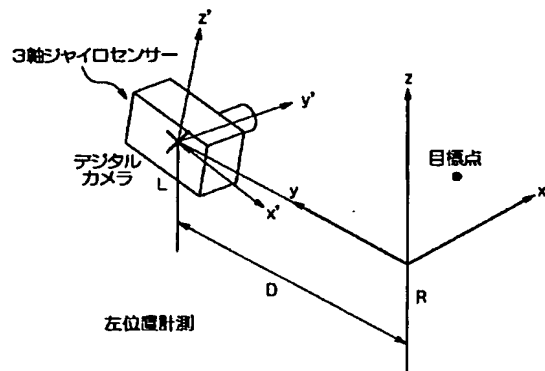
【図3】



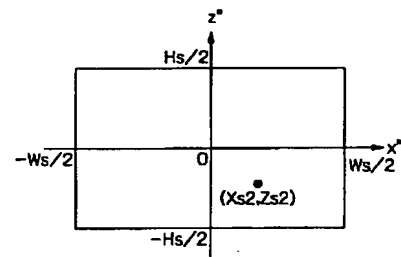
【図4】



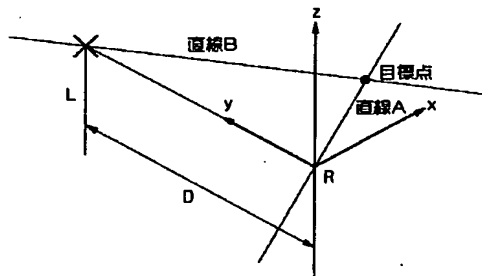
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA04 CC14 DD06 FF05 FF09
 FF66 JJ03 JJ26 PP05 QQ00
 QQ03 QQ28
 2F112 AC06 BA05 BA06 CA02 CA08
 CA12 DA28 FA03 FA21